



KRAKOWSKA AKADEMIA
im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego

Wydział: Zdrowia i Nauk Medycznych
Kierunek: Ratownictwo medyczne

Sebastian Robaczewski

Stany zagrożenia życia związane z działaniem wysokiej
temperatury.

Artykuł napisany pod kierunkiem
dr n. med. Grzegorza Sokołowskiego

Kraków 2016

Streszczenie:

Praca opisuje jakie niebezpieczeństwa dla zdrowia i życia ludzkiego niesie za sobą działanie wysokiej temperatur, w jaki sposób zachodzi proces termoregulacji oraz przedstawia rekomendowane postępowanie ratunkowe w przypadku hipertermii.

Słowa kluczowe:

Hipertermia, wysoka temperatura, termoregulacja, udar cieplny, udar słoneczny, kurcze ciepłe

Abstract:

The following thesis describes the effects of high temperature exposure on human health and life as well as the process of thermoregulation. It also discusses the recommended rules of rescue in case of hypothermia.

Key words:

Hyperthermia, high temperature, thermoregulation, heat stroke, sunstroke, heat cramps

Wstęp:

Człowiek zaliczany jest do organizmów stałocieplnych. Oznacza to, że temperatura ciała jest utrzymywana na niezmiennym poziomie mimo wahań temperatury otoczenia. Najbardziej optymalny jej poziom powinien mieścić się w zakresie od 36 °C do 36,9 °C [1]. Utrzymanie właściwej temperatury ważne jest dla zachowania homeostazy ustroju, a wszelkie odchylenia traktowane są jako patologie. Zdolność tą nazywamy termoregulacją. Za gospodarowaniem ciepłem odpowiada podwzgórze zlokalizowane w ośrodkowym układzie nerwowym. Jego część przednia zajmuje się usuwaniem ciepła z organizmu, tylna natomiast zachowaniem [2].

Narząd ten jest wyjątkowy podatny na wahania poziomu elektrolitów, zwłaszcza jonów sodu i potasu, warunkujące wrażliwość termodetektorów na zmiany temperatury krwi wpływającej do mózgu. U ludzi potrafimy również wyróżnić poza fizjologicznym, behawioralny rodzaj termoregulacji związany z umiejętnością świadomego dostosowania odzienia do warunków panujących w otoczeniu.

Stany zagrożenia życia

Stanem nagłego zagrożenia zdrowotnego określamy nagłe lub przewidywane w krótkim czasie wystąpienia objawów pogorszenia zdrowia, które prowadzi bezpośrednio do poważnego uszkodzenia funkcji organizmu lub utraty życia, wymagająca podjęcia natychmiastowych czynności ratujących życie [3].

Kurcze cieplne

Uważane za najłagodniejszą formę szkody jaką wysoka temperatura wywiera na ludzki organizm. Objawiają się one bolesnymi skurczami mięśni kończyn dolnych lecz mogą obejmować naprzemiennie inne grupy mięśni, w tym mięśnie ramion i brzucha. Mimo iż czas trwania pojedynczego skurczu oscyluje w granicach 3 minut to możliwość przemieszczania się skurczy w inne partie mięśniowe może przedłużyć sam napad do kilku godzin. Występują zazwyczaj w trakcie lub po intensywnym wysiłku i poceniu się w wyniku zaburzeń elektrolitowych.

Pot bierze czynny udział w procesach termoregulacji organizmu. Wydzielony na powierzchnię skóry, jest odparowywany przy udziale energii cieplnej nagromadzonej we krwi napływającej do naczyń krwionośnych skóry. Poprzez odparowywanie wody dochodzi do usuwania ciepła. Głównym składnikiem potu jest woda (około 99 procent) oraz chlorki sodu (0.6 - 0.8 procent), mocznika, amoniaku, kwasu moczowego i nierozłożonych aminokwasów, które dysocjując w obecności wody znajduje się w stanie zjonizowanym [4].

Wyczerpanie cieplne

Pojawia się jako reakcja u osoby nieprzyzwyczajonej do panującej na zewnątrz wysokiej temperatury i utratę wody. Z powodu jej utraty organizm szybciej pochłania ciepło niż jest w stanie je wydalić z ustroju. Zwiększony przepływ przez łożysko skórne doprowadza do niewydolności krążenia a ta, nieleczona może przerodzić się w udar.

Wyczerpanie cieplne objawia się ogólnym zmęczeniem, osłabieniem oraz mogącymi współistnieć bólami mięśniowymi. Na skutek redystrybucji krwi do łożyska skórniego może dochodzić do omdleń ortostatycznych. Zazwyczaj nie występują objawy neurologiczne. Temperatura głęboka ciała waha się w granicach 37-40°C.

Udar cieplny

Udarem cieplnym nazywamy niewydolność wielonarządową charakteryzującą się gorączką powyżej 40 °C, objawami neurologicznymi spowodowanymi efektem cytotoksyczności ciepła, koagulopatią oraz ogólnoustrojową reakcją zapalną (SIRS) [5].

Objawia się on występującymi obitymi potami, skórą twarzy w lżejszych przypadkach zaczerwienioną, w cięższych zaś bladą. Pojawiają się obawy uszkodzenia centralnego układu nerwowego w postaci dezorientacji, halucynacji, bełkotliwej mowy oraz zaburzeń równowagi [6]. Możemy również zauważyć przyspieszenie oddechu, pracy serca oraz spadek ciśnienia tętniczego krwi [7].

Do udaru cieplnego dochodzi w wyniku wyczerpania zdolności

Rodzaj czynnika ryzyka	Czynnik ryzyka
Czynniki związane z wysiłkiem fizycznym	<ul style="list-style-type: none">• Długotrwały wysiłek fizyczny• Brak aklimatyzacji do warunków otoczenia• Brak przygotowania kondycyjnego do długotrwałego wysiłku fizycznego• Odwodnienie• Hiponatremia
Czynniki związane z otoczeniem	<ul style="list-style-type: none">• Wysoka temperatura otoczenia• Wysoka wilgotność powietrza• Praca w niewentylowanych lub nieklimatyzowanych pomieszczeniach• Utrzymywanie się wysokich temperatur w nocy, uniemożliwiające schłodzenie organizmu
Populacje o zwiększonym ryzyku	<ul style="list-style-type: none">• Rekruci• Pracownicy fizyczni• Piłkarze• Biegacze długodystansowi• Osoby używające substancje psychoaktywne (kokaina, amfetamina, alkohol etylowy)• Dzieci <4. r.ż.*, z biegunką lub wrodzonym uszkodzeniem OUN• Osoby >65. r.ż.*, prowadzące siedzący tryb życia
Współistniejące stany chorobowe, dane z wywiadu	<ul style="list-style-type: none">• Otyłość• Czynniki genetyczne, np. wrodzony brak gruczołów potowych• Postępująca twardzina układowa• Nadczynność tarczycy• Guz chromochłonny nadnerczy• Cukrzyca• Odwodnienie• Predyspozycja genetyczna do hipertermii złośliwej• Wystąpienie WUC w wywiadzie
Leki	<ul style="list-style-type: none">• O działaniu antycholinergicznym, w tym leki przeciwhistaminowe• Neuroleptyki• Diuretyki• Leki przeciwdepresyjne (gł. trójpierścieniowe i obciążone silnym działaniem cholinolitycznym)• Leki przeciwparkinsonowskie• Pochodne amfetaminy i psychostymulujące• Leki beta-adrenolityczne• Blokery kanałów wapniowych• Leki nasercowe

Tabela 1. Czynniki ryzyka wystąpienia wysiłkowego udaru cieplnego [8]

asycznego udaru cieplnego.

termoregulacyjnych organizmu. Czynniki sprzyjającymi powstaniu udaru jest wysoka temperatura oraz wilgotność otoczenia. Praca fizyczna w tychże warunkach może doprowadzić do tak zwanego wysiłkowego udaru cieplnego, wówczas zachodzące wewnątrz procesy metaboliczne dodatkowo podnoszą temperaturę głęboka ciała. W przebiegu udaru cieplnego występuje zwiększony przepływ przez skórne łożysko naczyniowe co kompensowane jest jednocześnie poprzez zmniejszenie przepływu trzewnego, celem utrzymania prawidłowego ciśnienia tętniczego. Zmniejszony przepływ w tym rejonie doprowadzić może do niedokrwienia oraz stresu oksydacyjnego, które nasilają przepuszczalność jelit dając tym samym możliwość na przedostanie się do krążenia bakterii Gram-dodatnich oraz Gram-ujemnych [9].

Może to prowadzić do martwicy krwotocznej oraz uszkodzenia detoksykacyjnej funkcji wątroby na skutek pojawienia się we krwi endotoksyn. Uszkodzenie wątroby w następstwie niedokrwienia, uszkodzenia cieplnego i działania toksyn jelitowych prowadzi do uwolnienia enzymów wskaźnikowych dla uszkodzenia wątroby i aktywacji procesów zapalnych. Mioglobina wraz z toksynami jelitowymi, działanie wysokich temperatur i odwodnieniem powoduje odkładanie się złogów mioglobiny w kanalikach nerkowych i uszkodzenie nerek, z możliwością rozwoju ostrej ich niewydolności [10].

Teoria ta znajduje potwierdzenie na przykładzie śmierci młodego gracza futbolu amerykańskiego, którego temperatura głęboka wyniosła 40.6 °C [9]. W przebiegu udaru cieplnego możliwe jest wystąpienie zespołu wykrzepiania śródnaczyniowego (DIC, disseminated intravascular coagulation). Wykazano, że wzrost temperatury do poziomu 43-44 °C we wstępnej fazie udaru bezpośrednio wpływa na agregację płytek krwi oraz stymuluje nadmierne osadzanie się fibryny w tętniczkach oraz kapilarach co prowadzić może do mikrozatorów [11]. Tachykardia wraz ze wzrostem lepkości krwi i obciążenia następczego może prowadzić do uszkodzenia kardiomiocytów, czego objawami są wzrost aktywności enzymów wskaźnikowych dla uszkodzenia mięśnia sercowego (frakcji MB CK, troponiny I, LDH, AST) oraz cechy uszkodzenia miokardium w zapisie EKG (najczęściej obniżenie odcinka ST) [12].

Jak zauważono, wysoka temperatura wykazuje również powinowactwo do proliferacynej odpowiedzialnej za wzrost jak i cytokiny odpowiadającej za układ odpornościowy. W przebiegu udaru cieplnego lub na krótko po wdrożeniu ochładzania zauważa się podwyższone poziomy IL-1 α , IL-1 β , IL-6, IL-8, IL-10, IL-12 a także interferonu (INF- γ), czynnika martwicy nowotworów (TNF- α) [13]. Wzrost temperatury powyżej bezpiecznej granicy, zmniejszenia osmolarności płynu pozakomórkowego, zmniejszając tym samym przepływ przez mózgowie, co doprowadzić może do pojawienia się zaburzeń orientacji, świadomości, drgawek, a w krańcowych sytuacjach – śpiączki [6]. Mózgowa hipertermia zwiększa automatycznie przepuszczalność bariery krew-mózg doprowadzając do swobodnego przenikania białek i patogenów z osocza do struktur ośrodkowego układu nerwowego.

Zauważono również wpływ wysokiej temperatury na powstanie niedokrwienia jelit, wykrzepiania krwi w żołądku i jelicie cienkim,

uszkodzenie śledziony oraz rhabdomyolizę – zwłaszcza w wysiłkowej postaci udaru cieplnego [14].

Udar słoneczny

Udar słoneczny spowodowany jest wzrostem temperatury mózgowia o 1.5 – 2.5 °C na skutek działania promieni słonecznych mieszczących się w granicach 700 - 1500 nanometrów. Działanie energii bezpośrednio na głowę człowieka prowadzi do podrażniania opon mózgowo-rdzeniowych, co zwiększenia przepuszczalności bariery krew-mózg oraz predestynuje do wystąpienia obrzęku mózgu, krwawienia śródczaszkowego, zwiększenia ciśnienia płynu mózgowo-rdzeniowego oraz wzrostu poziomu zawartego w nim białka.

Skurcze mięśni związane z wysiłkiem	Wyczerpanie ciepłne	Udar cieplny wysiłkowy
Częstość występowania: 1,2 na 1000 uczestników maratonu	1,4-8,5 na 1000	0,1-2 na 1000
Ryzyko dla zdrowia i życia:		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bolesny, często nieznosny, skurcz mięśnia ✓ Mięsień napięty i twardy ✓ Często skurcze pojawiają się naprzemiennie w różnych grupach mięśniowych, co może sprawiać wrażenie „wędrowania skurczu” ✓ Najczęściej zaczyna się od mięśnia czworogłowego uda ✓ Jeden skurcz zwykle trwa 1-3 min, cała seria skurczów może trwać kilka godzin ✓ Skurcze pojawiają się bez zapowiedzi ✓ Zwykle towarzyszy im odwodnienie i utrata sodu ✓ Obejmują kk. dolne, górne lub mięśnie brzucha 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Złe samopoczucie ✓ Zmęczenie ✓ Osłabienie ✓ Ból głowy ✓ Nudności i wymioty ✓ Bóle mięśni ✓ Tachykardia nieadekwatna do wykonywanego wysiłku ✓ Przyspieszenie oddechu ✓ Hipotonia ortostatyczna ✓ Omdlenie ✓ Ciepłota ciała głęboka zwykle >37°C, ale ≤40°C ✓ Bez objawów neurologicznych ✓ Bez zaburzeń świadomości 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Temp. ciała >40°C ✓ Objawy uszkodzenia OUN: <ul style="list-style-type: none"> • dezorientacja • zaburzenia świadomości • majaczenie • halucynacje • objawy ogniskowe • drgawki • śpiączka ✓ Zlewne poty/sucha skóra* ✓ Tachykardia ✓ Przyspieszenie oddechu ✓ Hipotonia ✓ Pacjenci są zwykle młodymi dorosłymi uprawiającymi sport, żołnierzami, pracownikami fizycznymi ✓ Szybkie narastanie objawów w ciągu godzin, zwykle podczas lub bezpośrednio po zakończeniu wysiłku ✓ Może wystąpić w umiarkowanych temperaturach

* W najcięższych przypadkach może dojść do załamania mechanizmu pocenia z rozwojem suchości powłok skórnych.

Tabela 2. Objawy, cechy występowania i przebiegu chorób związanych z działaniem ciepła podczas wysiłku [15][16]

Zapobieganie i leczenie

Aby nie dopuścić do przegrzania organizmu i zapobiec dzięki temu udarowi cieplnemu należy możliwe ograniczyć czas ekspozycji wysokiej temperatury na ciało. Należy unikać pracy fizycznej w pełnym nasłonecznieniu oraz niewłaściwie wentylowanych pomieszczeniach. Pacjent w trakcie pracy powinien przyjmować roztwory bogate w

węglowodany i sól, a po zakończonym wysiłku przez kolejne 20 minut uzupełniać braki płynowe.

W przebiegu udaru cieplnego

Na skutek w pełni rozwiniętego udaru cieplnego organizm traci zdolność wyrównywania temperatury. Konieczne jest zatem wprowadzenie zewnętrznych metod ochładzania ciała oraz zabezpieczenie przed dalszą ekspozycją. Osoby które straciły przytomność należy przenieść w chłodniejsze miejsca, takie jak cień lub klimatyzowane pomieszczenie w zależności gdzie nastąpiły objawy. Po ewakuacji poszkodowanego priorytetem staje się mechaniczne obniżenie ciepłoty ciała przy użyciu pakietów chłodzących. Należy wówczas umieścić je w miejscach powierzchniowego przebiegu dużych naczyń krwionośnych, takich jak szyja czy pachy. Następną w kolejności priorytetową czynnością jaką powinien wykonać zespół ratownictwa medycznego jest uzyskanie dostępu naczyniowego i rozpoczęcie płynoterapii. Jak wspomniano w przebiegu udaru cieplnego dochodzi do spadku ciśnienia tętniczego oraz znacznych zaburzeń elektrolitowych. Podaż dożylna 0.9% chlorku sodu o temperaturze 4°C w dawce 20ml/kg masy ciała pozwala wypełnić łożysko naczyniowe oraz uzupełnia utracony w procesie pocenia sól jednocześnie schładzając rozgrzane tkanki. Konieczna staje się również kontrola poziomu glukozy w krwi włośniczkowej i ewentualne podniesienie go przy pomocy 20% glukozy. Stosowanie 5% glukozy nie jest zalecane ze względu na dużą objętość wody, która po zmetabolizowaniu cukru przenika do przestrzeni pozanaczyniowej mogąc w konsekwencji nasilić obrzęk mózgu.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę powyższe z całą pewnością jesteśmy w stanie stwierdzić, że oddziaływanie wysokiej temperatury na organizm człowieka może przerodzić się w groźny stan zagrożenia życia, a w przypadku nieudzielenia pomocy grozi zgonem. Szybka reakcja świadków zdarzenia na pierwszej objawy wstrząsu oraz wczesna interwencja wykwalifikowanej pomocy medycznej ma kluczowe znaczenie, dlatego też rozsądnym wydaje się być poszerzenie kursów pierwszej pomocy o zagadnienia związane z hipertermią. Zapoznanie

uczestników szkoleń z podstawowymi zasadami zachowania się podczas upałów oraz postępowania z poszkodowanym może przyczynić się do wzrostu przeżywalności wśród pacjentów.

Bibliografia

1. Karakitsos D, Karabinis A (September 2008). "Hypothermia therapy after traumatic brain injury in children". *N. Engl. J. Med.*
2. Szczeklik A., Gajewski P., Interna Szczeklika, Medycyna Praktyczna, Kraków 2015
3. Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz.U.2013.757 jednolity tekst z późn. zm.)
4. Adam Bochenek, Michał Reicher: Anatomia człowieka: podręcznik dla studentów i lekarzy. Warszawa: PZWL, 1989
5. Buchama A., Knochel J.P., Heat stroke. *N Engl J Med.* 2002
6. Nybo L., Exercise and heat stress: cerebral challenges and consequences. *Prog. Brain Res.* 2007
7. Prusiński A. Neurologia praktyczna, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005
8. Tomasz Pawełczyk¹, Karol Jastrzębski, Agnieszka Pawełczyk, Andrzej Klimek, Jolanta Rabe-Jabłońska, Udar cieplny zilustrowany przypadkiem 39-letniego mężczyzny – uczestnika biegu maratońskiego. *Aktualn Neurol* 2011
9. Graber C.D., Rinhold R.B., Breman J.G., et al, Fatal heat stroke. Circulating endotoxin and gram-negative sepsis as complications. *JAMA* 1971
10. Capacchione J.F., Muldoon S.M.: The relationship between exertional heat illness, exertional rhabdomyolysis, and malignant hyperthermia. *Anesth. Analg.* 2009
11. White J.G., Effects of heat on platelet structure and function. *Blood* 1968
12. González-Alonso J.: Hyperthermia impairs brain, heart and muscle function in exercising humans. *Sports Med.* 2007
13. Bouchama A., Ollivier V., Roberts G, Experimental heatstroke in baboon: analysis of the inflammatory response. *Shock* 2005
14. Line R.L., Rust G.S., Acute exertional rhabdomyolysis. *Am. Fam. Physician.* 1995
15. Capacchione J.F., Muldoon S.M.: The relationship between exertional heat illness, exertional rhabdomyolysis, and malignant hyperthermia. *Anesth. Analg.* 2009.
16. Hawes R., McMorran J., Vallis C.: Exertional heat illness in half marathon runners: experiences of the Great North Run. *Emerg. Med. J.* 2010; 27: 866-867.